

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000284225 A**

(43) Date of publication of application: **13.10.00**

(51) Int. Cl.

**G02B 27/28**

(21) Application number: **11088487**

(22) Date of filing: **30.03.99**

(71) Applicant: **AUTOCLONING  
TECHNOLOGY:KK KAWAKAMI  
SHOJIRO**

(72) Inventor: **MASUMOTO TOSHIAKI  
HONMA HIROSHI  
TSUCHIYA HARUHIKO  
SATO TAKASHI  
KAWAKAMI SHOJIRO**

(54) **OPTICAL ISOLATOR**

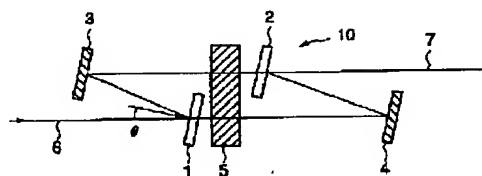
made equal to each other.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical isolator which uses a polarizer requiring no polishing process and which is more inexpensive without increasing the insertion loss or the loss in the opposite direction although the dispersion of polarized waves is zero.

**SOLUTION:** The incident light in the forward direction is divided according to the components of polarized light by transmission or reflection by a first reflection type polarizer 1. The reflected light is converted by a first reflection mirror 3 into light in the parallel direction to the propagation direction of the incident light in the forward direction to enter a 45° Faraday rotator 5 and to enter a second polarizer 2. The polarized light component transmitting through the first polarizer 1 is transmitted through the 45° Faraday rotator 5 and then reflected by a second reflection mirror 4 to enter the second polarizer 2. When the light is reflected by the second polarizer, the light is mixed with the light which is reflected by the first polarizer 1 and guided to the second polarizer and transmitted to transmit so that the optical path length of these optical paths is



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-284225

(P2000-284225A)

(43) 公開日 平成12年10月13日 (2000. 10. 13)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

テマコード (参考)

G 0 2 B 27/28

G 0 2 B 27/28

A 2 H 0 9 9

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平11-88487

(22) 出願日 平成11年3月30日 (1999. 3. 30)

(71) 出願人 599042599

有限会社オートクロニング・テクノロジー

宮城県仙台市若林区土樋236番地 C 9

(71) 出願人 391006566

川上 彰二郎

宮城県仙台市若林区土樋236番地 愛宕橋  
マンションファラオ C-09

(72) 発明者 増本 敏昭

宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号  
株式会社トーキン内

(74) 代理人 100071272

弁理士 後藤 洋介 (外2名)

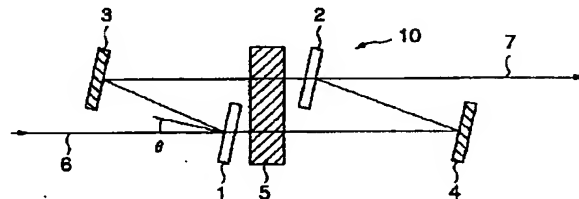
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光アイソレータ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 研磨が不要な偏光子を用い、従来の光アイソレータと同程度の挿入損失および逆方向損失を有し、さらに偏波分散が零であるにもかかわらず、従来より低価格の光アイソレータを提供すること。

【解決手段】 第1の反射型偏光子1は、順方向の入射光を偏光成分に応じて、透過または反射させることにより分離し、反射光を第1の反射ミラー3により、順方向の入射光の進行方向と平行な方向に変換し、45°ファラデー回転子5に入射させた後、第2の偏光子2に入射させるとともに、第1の偏光子1を透過した偏光成分に対しては、45°ファラデー回転子5を透過させた後、第2の反射ミラー4によって反射させて、第2の偏光子2に導き、この光を反射させるとき、第1の偏光子1によって反射された後、第2の偏光子2に導かれ透過した光と合波させ、これら2つの経路の光路長が等しくなるように構成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 直交する 2 偏光の一方を反射させ、他方を透過させる、第 1 および第 2 の反射型偏光子、45°ファラデー回転子、第 1 および第 2 の反射ミラーからなる偏光無依存型光アイソレータであって、

前記第 1 の反射型偏光子は、順方向の入射光を偏光成分に応じて、透過または反射させることにより分離し、前記第 1 の反射型偏光子によって分離された反射光を前記第 1 の反射ミラーにより、順方向の入射光の進行方向と平行な方向に変換し、前記 45°ファラデー回転子に入射させた後、前記第 2 の偏光子に入射させるとともに、

前記第 1 の偏光子を透過した偏光成分に対しては、前記 45°ファラデー回転子を透過させた後、前記第 2 の反射ミラーによって反射させて、前記第 2 の偏光子に導き、前記第 2 の偏光子によって、この光を反射させるとき、この光と、前記第 1 の偏光子によって反射された後に前記第 2 の偏光子に導かれ透過した光とを合波させ、これら 2 つの経路の光路長が等しくなるように構成したことを特徴とする光アイソレータ。

【請求項 2】 請求項 1 記載の光アイソレータにおいて、前記第 1 及び第 2 の反射型の偏光子と前記第 1 及び第 2 反射ミラーは、同一の平行平面基板の両面にそれぞれ作製されていることを特徴とする光アイソレータ。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載の光アイソレータにおいて、前記第 1 及び第 2 の反射型の偏光子がフォトリソグラフィ法からなることを特徴とする光アイソレータ。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 記載の光アイソレータにおいて、前記第 1 及び第 2 の反射ミラーのうち、順方向の光路において、前記 45°ファラデー回転子よりも、手前に位置する反射ミラーを第 3 の反射型偏光子で置き換えたことを特徴とする光アイソレータ。

【請求項 5】 請求項 4 記載の光アイソレータにおいて、前記第 1 及び第 3 の反射型偏光子を平行平面基板の両面に作製したことを特徴とする光アイソレータ。

【請求項 6】 請求項 4 又は 5 記載の光アイソレータにおいて、前記第 1、第 2、及び第 3 の反射型偏光子はフォトリソグラフィ法からなることを特徴とする光アイソレータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信機器、光情報処理機器等に用いられ、光を一方向にのみ透過させ、逆方向には遮断する素子である光アイソレータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、実用的に、よく使用されている偏光無依存型光アイソレータには、平行平板の複屈折結晶と 45°ファラデー回転子の組合せによるもの、楔型の複屈折単結晶と 45°ファラデー回転子を組み合わせた

ものなどがある。例えば、4 枚の平行平板複屈折結晶と 45°ファラデー回転子を組み合わせた構成が特開平 3-185419 号公報（以下、従来技術 1 と呼ぶ）に開示されている。

【0003】図 3 は従来技術 1 による光アイソレータの概略構成を示す図である。図 3 を参照すると、第 1 の平行平板複屈折結晶 51 と、第 5 の平行平板複屈折結晶 55 の厚さは等しく、第 2 の平行平板複屈折結晶 52 と第 3 の平行平板複屈折結晶 54 の厚さは等しく、第 1 の平行平板複屈折結晶 51 と第 2 の平行平板複屈折結晶 52 における異常光と常光の分離距離の比が  $1 : \tan(2.5^\circ)$  である。

【0004】これら 2 組の平行平板複屈折結晶と 1 枚の 45°ファラデー回転子によって、偏光無依存型先アイソレータが構成されている。この光アイソレータは直交する 2 偏光に対して、等しい光路長を有し、原理的に偏波分散が零である。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらの偏光子は、材料が高価であったり、切断、研磨などの加工工程に高精度を要し、製造コストの低減が困難であった。その結果、偏光無依存型の光アイソレータは高価であった。

【0006】そこで、本発明の技術的課題は、研磨が不要な偏光子を用い、従来の光アイソレータと同程度の挿入損失および逆方向損失を有し、さらに偏波分散が零であるにもかかわらず、従来より低価格の光アイソレータを提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、直交する 2 偏光の一方を反射させ、他方を透過させる、第 1 および第 2 の反射型偏光子、45°ファラデー回転子、第 1 および第 2 の反射ミラーからなる偏光無依存型光アイソレータであって、前記第 1 の反射型偏光子は、順方向の入射光を偏光成分に応じて、透過または反射させることにより分離し、前記第 1 の反射型偏光子によって分離された反射光を前記第 1 の反射ミラーにより、順方向の入射光の進行方向と平行な方向に変換し、前記 45°ファラデー回転子に入射させた後、前記第 2 の偏光子に入射させるとともに、前記第 1 の偏光子を透過した偏光成分に対しては、前記 45°ファラデー回転子を透過させた後、前記第 2 の反射ミラーによって反射させて、前記第 2 の偏光子に導き、前記第 2 の偏光子によって、この光を反射させるとき、この光と、前記第 1 の偏光子によって反射された後に前記第 2 の偏光子に導かれ透過した光とを合波させ、これら 2 つの経路の光路長が等しくなるように構成したことを特徴とする光アイソレータが得られる。

【0008】また、本発明によれば、前記光アイソレータにおいて、前記第 1 及び第 2 の反射型の偏光子と前記

第1及び第2反射ミラーは、同一の平行平面基板の両面にそれぞれ作製されていることを特徴とする光アイソレータが得られる。

【0009】また、本発明によれば、前記いずれかの光アイソレータにおいて、前記第1及び第2の反射型の偏光子がフォトニック結晶からなることを特徴とする光アイソレータが得られる。

【0010】また、本発明によれば、前記いずれかの光アイソレータにおいて、前記第1及び第2の反射ミラーのうち、順方向の光路において、前記45°ファラデー回転子よりも、手前に位置する反射ミラーを第3の反射型偏光子で置き換えたことを特徴とする光アイソレータが得られる。

【0011】また、本発明によれば、前記光アイソレータにおいて、前記第1及び第3の反射型偏光子を平行平面基板の両面に作製したことを特徴とする光アイソレータが得られる。

【0012】さらに、本発明によれば、前記いずれかの光アイソレータにおいて、前記第1、第2、及び第3の反射型偏光子はフォトニック結晶からなることを特徴とする光アイソレータが得られる。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を述べる前に本発明の原理について説明する。

【0014】まず、本発明の光アイソレータに使用した反射型偏光子のうち、優れた光学特性を持つ、フォトニック結晶から成る偏光子について説明する。

【0015】近年、高屈折率媒質と低屈折率媒質から成る人工的な周期構造体における、フォトンの状態密度が研究されている。互いに直交する2つの直線偏光において、それぞれが独立に周波数と波動ベクトルの関係を持っている。バンドギャップ、すなわち、フォトンの状態密度が零となる周波数帯域も、それぞれの偏光に固有である。ある周波数帯域において、一方の偏光に対する状態密度が零であり、他方の偏光に対する状態密度が零にならない場合がある。この周波数帯域においては、偏光子としての作用が可能である。すなわち、この周期構造体は一方の偏光を反射し、他方の偏光を波動ベクトルを保存しながら透過させる。

【0016】特に、フォトニック結晶からなる偏光子のなかでも、基板表面に形成された凹凸形状を保存しながら堆積させた高屈折率媒質と低屈折率媒質の多層膜から成るフォトニック結晶は光アイソレータ用の偏光子として、優れた特質を備えている。

【0017】なお、フォトニック結晶からなる偏光子の構造、特性、作製方法の詳細は、特願平10-257426号（発明者：川上彰二郎、大寺康夫、川嶋貴之、出願人：川上彰二郎、発明の名称「偏光子とその作製方法」）を参照されたい。

【0018】本発明の光アイソレータは、フォトニック

結晶などから成る反射型の偏光子を構成要素として含み、その偏光子の特長を生かすための構造を具備している。

【0019】それでは、本発明の実施の形態について説明する。ここで、用いた偏光子は、直交する2偏光の一方を透過させ、他方を反射させるために、偏光分離素子として用いることができる。

【0020】さらに、非相反素子を透過した2偏光を合波することもできる。その結果、偏光無依存型光アイソレータの動作を可能にする。

【0021】それでは、本発明の実施の形態について説明する。

【0022】図1は、本発明の実施の形態によるアイソレータの構成を示す図である。図2(a)及び(b)は、図1の第1及び第2の反射型偏光子1、2における透過偏光方向と反射偏光方向を示す図である。

【0023】図1において、第1の反射型偏光子1と第2の反射型偏光子2（以下、それぞれを単に第1及び第2の偏光子と呼ぶ）は、フォトニック結晶からなり、偏光分離素子として作用する。

【0024】図1及び図2(a)及び(b)を参照すると、第1の偏光子1は入射光線に対して、角度 $\theta$ だけ傾けてセットされている。

【0025】また、第2の偏光子2、第1の全反射ミラー3、及び第2の全反射ミラー4は、第1の偏光子1に平行にセットされている。なお、以下の説明において、第1及び第2の全反射ミラー3、4をそれぞれ単に第1及び第2のミラーと呼ぶ。

【0026】45°ファラデー回転子5は、第1の偏光子1を透過した光と、第1の偏光子1で反射され、第1のミラー3で反射された光の両方を異なる領域で透過させる。

【0027】第2の偏光子2は、第1のミラー3で反射された後、45°ファラデー回転子5により偏光面の回転を受けた光を透過させるとともに、第1の偏光子1を透過し、45°ファラデー回転子5により偏光面の回転を受け、ミラー4によって進行方向を変えられた光を反射させ、同一の光路7に合波させる。

【0028】次に、順方向の光の偏光方向の変化について説明する。

【0029】図2(a)に示すように、第1の偏光子1の透過偏光12の方向は、入射光線と第1の偏光子1の光透過面の垂線によって定められる平面から左ネジの向きに45°だけ回転している。

【0030】一方、反射偏光11の方向は、入射光線と第1の偏光子1の光透過面の垂線によって定められる平面から、右ネジの向きに45°だけ回転している。

【0031】ところで、第1の偏光子1は入射光線に対して $\theta$ だけ傾けてセットされているため、入射光線の方向から見た、第1の偏光子1の透過偏光12の方向と反

射偏光11の方向のなす角度 $\phi = 180 - 2 \tan^{-1}(\cos \theta)$ は、 $90^\circ$ より大きい。しかし、その差によってもたらされるロスは、 $\theta = 10^\circ$ のときに、0.001 dB程度であり、無視することができる。

【0032】さらに、第1の偏光子1で反射された光は、さらに第1のミラー3により反射され、入射光の光路6に平行に進む。次に、 $45^\circ$ ファラデー回転子5により、偏光面の回転を受ける。ここで、図2(b)に示すように、第2の偏光子2の透過偏光13の方向は、第2の偏光子2の光透過面の垂線方向と入射光線方向によ

って、定められた平面に平行に設定されているので、その光は透過する。

【0033】一方、第1の偏光子1を透過した光は $45^\circ$ ファラデー回転子5によって偏光面の回転を受けた後、第2のミラー4により反射され、第2の偏光子2に入射する。ここで、光の偏光方向が、図2(b)に示すように、第2の偏光子2の反射偏光14の方向に一致している

ので、反射される。

【0034】ところで、第1及び第2のミラー3、4という2つのミラーと、第1及び第2の偏光子1、2という2つ偏光子は、それぞれ互いに平行に設定されているので、第1の偏光子1によって分離された光は、第2の偏光子2によって合波される。

【0035】一方、これらの2つ光路長は等しいので、原理的に偏波分散は零である。

【0036】次に、逆方向の光の偏光方向の変化について述べる。

【0037】 $45^\circ$ ファラデー回転子による偏光面の回転方向が磁化の方向にのみ依存することと、図2(a)及び(b)に示す第1及び第2の偏光子1、2の透過偏光12、13方向と反射偏光11、14方向の関係から、第2の偏光子2で反射された光は、第1の偏光子1で反射され、第2の偏光子2を透過した光は、第1の偏光子1を透過する。その結果、いずれの光も順方向の入射光の光路に結合することはない。すなわち、偏光無依存型光アイソレータの動作が可能である。

【0038】ところで、第1のミラー3を、第1の偏光子1及び第2の偏光子2と同じ、フォトニック結晶からなる反射型の偏光子で置き換え、その反射偏光方向を調整することにより、アイソレーションを向上させることができる。その理由は、次のとおりである。

【0039】温度と波長が中心値からずれたとき、ファラデー回転子5の回転角度が $45^\circ$ からずれる。そのとき、逆方向から第2の偏光子2を透過した光に、第1の偏光子1を透過しないで反射され、入射光の光路6に結合する偏光成分が発生する。この偏光成分を、第1のミラー3に変えて設置された反射型の偏光子は除去するこ

とができるからである。

【0040】さらに、本発明の実施の形態においては、フォトニック結晶から成る反射型の第1の偏光子1と第1のミラー3を1枚の平行平面基板の両側に形成すると、それらを平行に調節する機構が不要になる。

【0041】また、フォトニック結晶から成る反射型の第2の偏光子2と第2のミラー4に対しても同様であり、反射ミラー3がフォトニック結晶から成る反射型の偏光子に置き換えられている場合は、平行平面基板の両面にフォトニック結晶から成る反射型の偏光子を形成するとよい。

【0042】なお、フォトニック結晶を用いた反射型の偏光子は、挿入損失が、0.2 dB以下、消光比が45 dB以上の優れた偏光特性を持っている。また、上記実施の形態で用いたフォトニック結晶による反射型の偏光子を金属と誘電体の複合体などを用いた反射型の偏光子で置き換えても、同様に動作する偏光無依存型光アイソレータが得られる。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように、一般に、フォトニック結晶などを用いた反射型の偏光子は、一般に薄膜型で、面積が可能であり、本発明においては、この偏光子を偏光分離素子として使用することにより、構成要素が少なく、低価格の偏光無依存型光アイソレータを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態による光アイソレータの構成を示す図である。

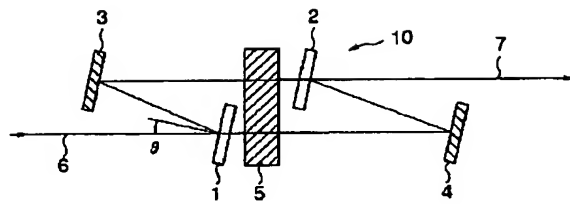
【図2】(a)及び(b)は、図1の第1及び第2の偏光子の透過偏光方向と反射偏光方向を夫々示す図である。

【図3】従来技術による偏光無依存型光アイソレータの構成を示す図である。

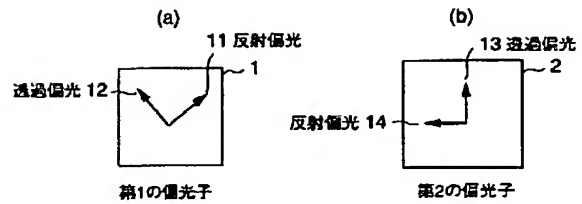
【符号の説明】

- 1 第1の偏光子
- 2 第2の偏光子
- 3 第1のミラー
- 4 第2のミラー
- 5  $45^\circ$ ファラデー回転子
- 6 順方向の入射光の光路
- 7 順方向の出射光の光路
- 10、50 光アイソレータ
- 51 第1の平行平板複屈折結晶
- 52 第2の平行平板複屈折結晶
- 53  $45^\circ$ ファラデー回転子
- 54 第3の平行平板複屈折結晶
- 55 第4の平行平板複屈折結晶

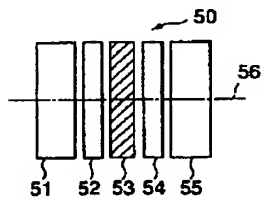
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 本間 洋  
宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号  
株式会社トーキン内  
(72)発明者 土屋 治彦  
宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号  
株式会社トーキン内

(72)発明者 佐藤 尚  
宮城県仙台市青葉区荒巻神明町25-6 コ  
ーポラス神明202号  
(72)発明者 川上 彰二郎  
宮城県仙台市若林区土樋236番地 愛宕橋  
マンションファラオC-09  
Fターム(参考) 2H099 AA01 BA02 CA01